Vicia villosa Roth. Décombres, à l'abbaye de Villers.

M. Van Bastelaer nous adresse une longue liste de plantes parmi lesquelles nous citerons :

Rumex aquaticus L. Vallée de la Sambre, à l'abbaye d'Aulne; Gontroux, Fontaine-l'Évêque.

Rumex maximus Schrb. Bord de l'ancien lit de la Sambre, à Leerne, abbaye d'Aulne, etc.

Carex laevigata Sm. Bois de Jamioulx.

— *depauperata* Good. Taillis rocheux. Namèche, Marche-les-Dames.

M. Gilbert nous communique les espèces suivantes :

Zostera nana L. — Santvliet. — *Bupleorum tenuissimum* L. — Santvliet. — *Potentilla supina* L. — Stockroy. — *Liparis Loeselii* Rich. — Oelegem.

M. le major Fontaine a découvert dans des prairies tourbeuses des bords de la Nethe, à Baelen (Anvers) et à Kerkhoven (Limbourg) : *Carum verticillatum*.

BIBLIOGRAPHIE.

Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen, untersuchungen über die allgemeinsten Lebensbedingungen der Pflanzen und die Functionen ihrer Organe, von Dr Julius Sachs, Professor (1).

Ce livre du Dr Sachs, professeur à l'Institut agricole de Poppelsdorf, fait partie d'un vaste travail entrepris par le professeur Hofmeister, de Heidelberg, en collaboration

(1) Un volume in-8°, de 514 pages, avec 50 gravures sur bois comprises dans le texte ; édité par Wilhelm Engelmann, à Leipzig, 1865.

avec quelques autres savants de l'Allemagne, et publié sous le nom de *Handbuch der Physiologischen Botanik.*

Depuis les ouvrages déjà surannés de Aug.-Pyr. De Candolle et de Treviranus, un seul traité du même genre a été édité : c'est le *Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen* du D[r] Schacht. Sans vouloir diminuer en rien la grande et légitime réputation de mon illustre maître, je dois reconnaître néanmoins que, si le *Lehrbuch* est le travail le plus remarquable d'anatomie qui ait paru jusqu'à ce jour, sa partie physiologique, surtout en ce qui concerne les Cryptogames, n'est pas suffisamment complète. Aussi tous ceux qu'intéresse la vie des végétaux accueilleront-ils avec joie une publication dont la nécessité se faisait depuis longtemps sentir.

Le *Handbuch* de M. Hofmeister comprendra quatre volumes dans lesquels la matière sera répartie de la manière suivante :

Vol. I. — *Étude de la cellule végétale*, par Hofmeister.
Morphologie générale des organes de la végétation, par Hofmeister.
Étude de l'accroissement, par Th. Irmisch.
Anatomie des organes de la végétation des plantes vasculaires, par A. de Bary.

Vol. II. — *Morphologie et physiologie des champignons et des lichens*, par A. de Bary.
Morphologie et physiologie des algues, par N. Pringsheim.
Morphologie et physiologie des muscinées et des cryptogames vasculaires, par Hofmeister.

Vol. III. — *Reproduction sexuelle des phanérogames*, par Hofmeister.

Vol. IV. — *Physiologie expérimentale des plantes*, par J. Sachs.

Le mérite de l'œuvre ne pourra que gagner à cette division du travail entre différents collaborateurs, car chacun d'eux n'aura de cette manière à y contribuer que dans les limites de sa spécialité.

La marche suivie par M. Sachs, dans le seul volume qui ait paru jusqu'ici, est des plus rationnelles. Ce n'est qu'après avoir montré dans ses détails l'influence considérable que la lumière, la température, l'électricité et la pesanteur exercent sur la végétation, qu'il aborde l'étude des phases nombreuses dont celle-ci se compose. Il reproduit et discute les opinions de ses devanciers et nous communique le résultat d'une foule d'observations personnelles. A chaque question controversée qui se présente, il répond par l'expérimentation; c'est à ce procédé que la physiologie animale est surtout redevable des immenses progrès qu'elle a réalisés dans ces derniers temps; son emploi ne pourra que perfectionner, dans le même rapport, la connaissance de la vie des plantes.

Pendant mon séjour en Allemagne, j'ai eu l'occasion, grâce au généreux accueil de M. Sachs, d'assister à quelques-unes de ses expériences et de constater le soin avec lequel elles ont été conduites; si le nom de l'auteur n'était déjà une garantie suffisante, je pourrais donc, en quelque sorte, répondre de leur exactitude, pour recommander à mes confrères l'ouvrage remarquable dont je vais essayer de leur faire l'analyse.

I. — *La lumière.*

Le premier chapitre est consacré à un sujet de la plus haute importance: l'influence de la lumière sur la végétation.

M. Sachs considère d'abord cette influence d'une ma-

nière générale : il y a des plantes qui peuvent se développer à l'abri de la lumière ; il en est même qui parcourent dans l'obscurité toutes les phases de leur existence, mais il est cependant incontestable que, dans son ensemble, la vie des plantes dépend des forces que cet agent développe en elles.

La cellule verte est le siége de l'activité végétale ; c'est, en quelque sorte, l'usine dans laquelle se préparent les matériaux nécessaires à la nutrition ; les grains de chlorophylle, auxquels elle doit sa coloration, ont besoin de lumière pour se produire ; leur formation s'arrête, si on empêche l'action lumineuse, ou même si on diminue son intensité. L'accroissement d'un tissu a pour cause la division cellulaire, c'est-à-dire la formation de cellules filles au sein de celles qui existent déjà ; cet acte est aussi sous la dépendance directe de la lumière : l'intensité de celle-ci peut suspendre la multiplication. La même influence se manifeste quand un organe de la plante, une feuille, un rameau ou une fleur, se développe aux dépens du bourgeon qui le contenait : si une obscurité artificielle l'entoure au moment de son évolution, il prend par sa couleur, ses formes, ses dimensions, un aspect tout à fait anormal.

Mais à côté de ces plantes vertes, il en est d'autres qui ne renferment pas de chlorophylle, et qui, par conséquent, ont une existence beaucoup plus indépendante de l'action luminique : chez elles, les phénomènes de nutrition doivent se passer d'une manière toute spéciale : elles ne dégagent pas d'oxygène, car ce dégagement ne peut s'effectuer sans l'intervention de la chlorophylle et de la lumière ; elles vivent en parasitisme à l'extérieur ou à la surface d'autres végétaux et se nourrissent de matériaux déjà appropriés à l'assimilation.

Après ces généralités, M. Sachs examine d'abord la fa-

culté plus ou moins grande avec laquelle les rayons lumineux pénètrent dans l'intérieur des tissus de la plante; il faut, d'après lui, tenir compte de l'intensité de la lumière et de sa nature : les rayons bleus, violets et ultra-violets passent moins profondément dans la plante que ceux de faible réfrangibilité; mais il faut considérer surtout la structure des tissus : à la surface d'un organe lisse, recouvert d'un épiderme brillant, beaucoup de lumière se perd par réflexion. Les méats et les lacunes entravent encore, en les brisant, la marche des rayons; aussi voit-on souvent des tissus opaques devenir transparents, lorsqu'à l'aide de la pompe pneumatique, on a remplacé par de l'eau l'air qu'ils contenaient entre leurs utricules. La paroi de la cellule, qui peut se transformer en liége, et la composition de son contenu influent beaucoup aussi sur le passage de la lumière.

Une solution alcoolique de chlorophylle se conduit comme une couche de cellules riches en matière verte, et absorbe avidement une partie des rayons du spectre. M. Sachs en conclut que la lumière qui passe sans être absorbée, par un tissu vert, n'est plus en état de provoquer la formation des grains de chlorophylle dans les parties sousjacentes. C'est en effet ce que l'observation démontre clairement : les feuilles dans lesquelles d'abondants grains de chlorophylle tapissent complétement la paroi cellulaire n'ont que des couches vertes de peu d'épaisseur, tandis que celles dont les cellules sont pauvres en chlorophylle ont des couches vertes bien plus nombreuses.

La détermination de cettre profondeur variable à laquelle la lumière pénètre le tissu de la plante a été faite par l'auteur au moyen d'un appareil qu'il nomme *diaphanoscope*, simple tube destiné à écarter les rayons lumi-

neux étrangers, pour ne laisser parvenir à l'œil que ceux qui ont passé par le tissu lui-même. Un second instrument plus compliqué a éte employé dans le but d'étudier isolément l'action des rayons de couleur différente : c'est le *spectroscope* que M. Valentin, l'illustre professeur de l'Université de Berne, avait mis, il y a deux ans déjà, au service de la physiologie animale.

Un des premiers effets des rayons lumineux en entrant dans les organes, c'est la production des couleurs végétales. D'après M. Sachs, la formation de la chlorophylle nécessite l'intervention d'une lumière assez intense ; si cette intensité descend au-dessous d'un minimum encore mal connu, la coloration du végétal devient pâle. Cette règle n'est pas cependant sans exceptions : les cotylédons de plusieurs conifères verdissent même dans l'obscurité la plus complète. L'auteur rappelle ici les expériences nombreuses décrites dans son beau Mémoire qui parut l'année dernière dans le *Botanische Zeitung* sous le titre de *Wirkünge farbigen Lichts auf Pflanzen* : le résultat intéressant de ces expériences, c'est que les rayons chimiques et les rayons éclairants de forte réfrangibilité ont peu d'influence sur la formation de la chlorophylle, mais que ce phénomène s'exécute spécialement sous l'action des rayons jaunes, orangés et rouges.

Ce sont les mêmes rayons qui altèrent et jaunissent la chlorophylle exposée à une lumière intense, fait que l'on constate aisément en plongeant, dans des solutions de couleur différente, de chromate et de bichromate de potasse, de sulfate ammoniacal de cuivre etc., un tube à réactif contenant l'extrait alcoolique de la matière verte.

Quant aux diverses couleurs des fleurs, généralement considérées cependant comme des dérivés de la chloro-

phylle, M. Sachs confirme, par des observations nouvelles, qu'elles peuvent se former sur des plantes plongées dans une obscurité complète; ce sont donc, dans l'opinion de l'auteur, les matières élaborées dans les feuilles et disposées dans le bouton floral qui, indépendamment de la lumière, subissent des changements locaux, pour donner naissance au brillant coloris des fleurs.

Les matériaux que la plante puise du sol sont beaucoup plus oxygénés que les produits de l'élaboration; l'oxygène enlevé dans cette réduction est dégagé par les plantes, ce que Bonnet avait observé déjà en exposant au soleil des feuilles plongées dans l'eau. M. Sachs établit par de nouvelles recherches que deux choses, la lumière et la chlorophylle, sont indispensables au dégagement de ce gaz et à la formation des matériaux nutritifs : l'analyse chimique constate la diminution relative de ces derniers dans les tissus d'une plante soumise à l'obscurité.

Mais nous pourrions nous demander encore quelle partie du spectre a sur cette réduction la plus grande influence. L'auteur nous répond par une expérience très-simple : il place dans des tubes contenant des solutions différemment colorées, des tubes plus petits à moitié remplis d'eau dans laquelle plongent des rameaux de *Ceratophyllum demersum;* les appareils sont disposés de telle manière que l'on peut, à l'aide d'un flacon laveur, compter le nombre de bulles d'oxygène qui se dégagent de chacun d'eux, pendant un temps donné. Ce procédé exécuté avec toutes les précautions désirables démontre que, sous une même température, le dégagement est plus abondant pour la plante plongée dans la lumière orangée que pour celle qui est soumise à la lumière bleue, et que, par conséquent, ce sont encore ici les rayons de faible réfrangibilité qui ont l'influence la plus grande.

Tout en décernant à H. von Mohl l'honneur d'avoir découvert la formation de la fécule au sein des grains de chlorophylle, M. Sachs rappelle les observations curieuses qu'il a publiées lui-même en 1862: il a montré alors qu'une plante exposée à des rayons lumineux de faible intensité développe encore des grains de chlorophylle, mais que ces grains ne contiennent pas de matière amylacée; et qu'on peut ainsi, en réglant convenablement l'éclairage, modifier à volonté cette production de fécule.

M. Sachs croit aussi pouvoir établir comme fait général que les organes verts chargés de la fonction d'assimilation prennent une forme et une position qui leur permettent de recevoir le plus avantageusement les rayons solaires, tandis que les jeunes organismes et quelques tissus spéciaux (les bourgeons, le cambium, etc.) sont protégés, par des enveloppes de différente nature, contre l'insolation directe.

Chez les plantes dans lesquelles une organisation trop simple ou la transparence des tissus s'oppose à ce résultat, l'élaboration se fait pendant le jour et la multiplication cellulaire pendant la nuit. L'observation démontre en effet que ce dernier phénomène s'accomplit souvent à la lumière diffuse et même dans l'obscurité parfaite; comme preuves, l'auteur nous rappelle: l'activité du cambium à l'intérieur des troncs revêtus d'une épaisse couche de liége, la formation des feuilles rudimentaires à l'intérieur des bourgeons couverts d'écailles, la production des racines adventives, etc., etc..... Pour expliquer la possibilité d'accroissement des jeunes organes exposés à la clarté solaire, on peut admettre que les cellules, siéges de la division, sont moins sensibles que les autres à l'action de la lumière, ou bien, ce qui nous semble plus vraisem-

blable, que la multiplication est arrêtée pendant le jour et ne s'effectue que la nuit.

Des expériences comparatives nous indiquent que l'influence des rayons éclairants est nécessaire à l'accroissement des seuls organes chlorophyllaires; ceux-ci, lorsque l'on diminue l'intensité luminique, peuvent se comporter différemment: les uns (beaucoup d'entrenœuds, les pétioles) s'étendent au moins dans une direction, tandis que les autres (les feuilles) gardent des dimensions plus petites que sous un éclairage normal.

Le développement des organes de la fleur, si l'on en excepte les parties vertes, comme le calice et les carpelles, s'opère au contraire dans l'obscurité aussi bien qu'à l'état normal: l'absence de lumière ne modifie en rien la forme, la grandeur et la couleur de la corolle, son éclosion et sa fermeture, la déhiscence de l'anthère, les dimensions des grains de pollen, la nubilité du stigmate; les ovules mêmes peuvent être fécondés dans ces circonstances et se transformer en graines fertiles.

Mais pour que la fleur se développe ainsi régulièrement, il faut qu'elle reçoive des matériaux nutritifs suffisants, soit de feuilles qui élaborent à la clarté du jour, soit de dépôts préalablement formés dans la tige, les tubercules ou les bulbes. Si une plante n'est plongée que partiellement, par une de ses branches, dans l'obscurité, elle porte parfois, outre les fleurs normales, d'autres fleurs dont le développement est irrégulier : les dimensions de leur corolle sont petites, leur coloration est pâle, le pollen est atrophié dans leurs anthères devenues indéhiscentes; irrégularité de développement que M. Sachs explique en admettant une transmission insuffisante de matériaux nutritifs dans certaines fleurs. Parmi les plantes qui ont servi

à ces expériences figurent le *Cucurbita Pepo,* les *Petunia,* l'*Ipomea purpurea,* le *Veronica speciosa,* le *Phaseolus multiflorus,* etc.; la production du fruit et des graines dans l'obscurité n'a été étudiée que sur peu de plantes : le *Nicotiana rusticana,* le *Cucuribta Pepo,* l'*Allium Porrum* et le *Papaver somniferum.*

Les organes susceptibles d'accroissement et éclairés dans deux directions opposées par des lumières d'intensité différente, se courbent vers l'une des deux sources lumineuses, de manière, dit M. Sachs, que le plan qui contient la courbe reçoit à peu près de chaque côté le même éclairage. Pour faciliter la distinction entre des phénomènes divers mais très-souvent confondus, l'auteur donne à cette courbure le nouveau nom d'*héliotropisme :* l'héliotropisme est *positif* quand, ce qui est le cas le plus fréquent, la concavité est dirigée vers la lumière la plus intense ; il est *négatif* dans le cas contraire.

Les feuilles vertes et leurs pétioles, de même que les entrenœuds, nous montrent généralement l'héliotropisme positif et tendent à se placer de telle manière que les rayons lumineux tombent aussi perpendiculairement que possible à la surface du limbe. Les tiges volubiles sont privées d'héliotropisme; les tiges grimpantes, comme celle de l'*Hedera Helix,* possèdent un heliotropisme négatif qui a pour effet de les rapprocher de leurs soutiens, mais elles portent des feuilles positives tournées par conséquent vers la lumière.

En variant la nature de la lumière incidente, l'auteur nous montre que ce ne sont pas ici les rayons de faible réfrangibilité, mais au contraire les plus réfrangibles, le vert, le bleu, le violet et l'ultra-violet qui déterminent ce phénomène d'héliotropisme.

Quittant ensuite ces inflexions lentes, communes à la plupart des végétaux, M. Sachs aborde la question difficile du mouvement périodique des feuilles de quelques plantes, comme le *Phaseolus*, l'*Acacia*, l'*Oxalis acetosella* et le *Mimosa pudica*. Soustraites à la lumière, ces feuilles continuent pendant plusieurs jours à manifester périodiquement leur phénomène; mais le mouvement s'affaiblit graduellement et la plante est plongée bientôt dans une immobilité complète (*Dunkelstarre*). Si cet état se prolonge, les feuilles deviennent malades et tombent; si au contraire on ramène la plante, assez à temps, sous une lumière intense, elle reste d'abord immobile pendant un nombre variable d'heures, mais le mouvement ne tarde guère à reparaître.

Une foule d'observations nouvelles, décrites par l'auteur, confirment l'idée admise par plusieurs devanciers, que la lumière influe directement sur les mouvements de la feuille de sensitive, mais le mode d'action lui-même est encore une énigme; si quelque naturaliste courageux essaie de la pénétrer un jour, il ne réussira, croyons-nous, qu'en se basant sur la structure anatomique de cette plante étrange.

II. — *La chaleur.*

Quoique la chaleur et la lumière soient considérées par beaucoup de physiciens comme des manifestations différentes d'un seul et unique agent, le physiologiste doit néanmoins, pour bien connaître leur influence respective, en faire une étude séparée; aussi M. Sachs consacre-t-il un second chapitre à l'action de la température sur les végétaux.

L'existence de la cellule a pour base les mouvements

qui se passent dans son intérieur : des combinaisons et des décompositions chimiques, des dissolutions, des précipitations s'y opèrent, et le contenu liquide y présente un phénomène gyratoire continuel. Ces mouvements sont tous, d'après l'auteur, sous la dépendance de la chaleur, sans que l'on puisse préciser d'une manière rigoureuse l'influence de cet agent sur chacun d'eux. La théorie mécanique de la chaleur nous indique que lorsque les cellules et leur contenu s'échauffent ou se refroidissent, les molécules, dérangées de leur position, s'éloignent ou se rapprochent : ce changement de place doit modifier leurs actions réciproques qui dépendent des distances.

Pour connaître l'influence de la température sur les plantes, M. Sachs suit encore la marche expérimentale : il suffit, à cet effet, d'observer les manifestations de la vie en variant convenablement le degré de chaleur; il est important aussi d'étudier chaque phénomène physiologique, isolé autant que possible, dans ses relations avec la température. En procédant de la sorte, l'auteur arrive à des conclusions du plus haut intérêt:

1° Chaque phénomène physiologique ne se passe qu'entre certaines limites de température; si ces limites sont dépassées d'une faible quantité, les manifestations s'arrêtent temporairement et recommencent plus tard; si au contraire le dérangement des molécules est trop considérable, l'organe n'est plus capable de reprendre son activité vitale;

2° Entre ces limites, l'énergie des actes physiologiques et leur rapidité d'exécution augmentent généralement avec la température, sans que l'on puisse exprimer cette augmentation par une proportion simple;

3° L'énergie du travail vital n'est pas seulement déter-

minée par une chaleur relativement élevée, mais aussi par les variations brusques de température.

Après ces indications générales, M. Sachs cherche d'abord les causes qui modifient la température interne du végétal. L'oxygène de l'air introduit dans la plante s'y combine au carbone et circule dans les tissus, sous forme d'acide carbonique; la production de chaleur due à cette combinaison est dans certains cas très-appréciable ; en général, cependant, elle est si faible qu'on peut entièrement la négliger comme source de température interne. Ce qu'il faut considérer, ce sont le rayonnement, la conductibilité des tissus et la chaleur enlevée par le dégagement d'oxygène ; pour les organes exposés à l'air, il faut tenir compte en outre de l'évaporation.

C'est uniquement sur l'influence de la conductibilité que nous trouvons quelques données dans les auteurs. M. Sachs cite à ce propos les expériences comparatives entreprises par Göppert, Knoblauch, Tyndall et De Candolle, expériences qui montrent que, dans la direction des fibres, le pouvoir conducteur est le plus fort; que les arbres dont les couches annuelles sont minces résistent le mieux à la gelée, et que les bois à grain fin livrent plus vite que les autres passage à la chaleur.

L'auteur rapporte aussi les observations nombreuses faites par ses devanciers dans le but de connaître la température des arbres relativement à celle de l'air et du sol. La méthode employée consiste simplement à perforer les axes et à boucher hermétiquement l'ouverture après y avoir introduit le réservoir d'un thermomètre; elle donne des résultats intéressants que nous n'hésitons pas à rapporter ici :

Deux branches d'un même arbre peuvent être à des

degrés différents de chaleur; l'écart de température est d'autant plus sensible que les diamètres diffèrent davantage;

Toutes les couches n'ont pas la même température;

Dans les axes de faible diamètre, le minimum de chaleur est plus bas, le maximum est plus élevé, que dans les troncs plus épais;

La température d'un arbre dépend de celle du sol et de l'air : la chaleur du sol agit sur la racine et sur le bas de la tige; celle de l'air influe sur l'axe ascendant et sur la partie supérieure de la racine, sans que des limites rigoureuses puissent être fixées à cet égard;

En général, pendant le jour, l'arbre est à une température inférieure à celle de l'atmosphère ; la nuit, c'est l'inverse qui s'observe;

Le matin, l'axe ascendant est, pendant l'hiver, à un degré de chaleur supérieur à celui de l'air; l'inverse a lieu pendant le printemps, l'été et l'automne;

Pendant toute l'année, le midi, l'axe ascendant est plus froid que l'air et, le soir, sa partie supérieure plus chaude que celui-ci ; les parties les plus voisines du sol sont, en été et au printemps, plus froides; en hiver et en automne, plus chaudes que l'atmosphère;

La température d'un arbre ne descend pas jusqu'à la température minima de l'air ; il y a entre elles une différence d'autant plus sensible, que le diamètre des axes que l'on considère est plus grand. On peut admettre théoriquement que les branches les plus fines se mettent avec l'atmosphère en équilibre de température;

La chaleur des gros axes de l'arbre n'atteint jamais la température maxima de l'air; pour les petits axes, l'insolation peut faire dépasser cette limite;

Dans les couches externes d'abord (fait très-étrange) les variations journelles de température sont moins grandes que dans les parties internes;

Dans le bas de la tige, probablement à cause de l'influence du sol, les couches internes ont un minimum de température inférieur à celui de l'air, tandis que les couches extérieures ne refroidissent pas autant que l'atmosphère;

Les moyennes des températures journelles varient pour les différentes parties d'un arbre et s'écartent aussi de celles de l'air;

Pendant l'été, la température du centre de l'arbre est, dans le voisinage du sol, inférieure à celle de l'air; dans les parties supérieures, les grosses branches ont une température interne supérieure à celle de l'atmosphère et les petites branches sont à peu près en équilibre avec celle-ci;

La racine et la surface du sol ont les mêmes variations journelles de température. Pendant l'été, l'introduction des sucs froids des couches profondes du sol, et, pendant l'hiver, le voisinage de la tige refroidissent un peu les racines, qui possèdent donc une moyenne mensuelle de température inférieure à celle du sol.

Les limites entre lesquelles la végétation est possible semblent, à première vue, très-faciles à établir : si l'on abaisse la température, les manifestations de la vie deviennent graduellement moins énergiques; elles cessent complétement quand les sucs se congèlent à l'intérieur des tissus ; par contre, une chaleur élevée empêche les actes vitaux, aussitôt qu'elle a pour effet de coaguler l'albumine, contenu essentiel de toute cellule. Mais cette explication purement théorique est trop vague pour nous

satisfaire, puisqu'on ne connaît ni le point de coagulation ni celui de congélation de mélanges aussi compliqués que le contenu cellulaire. L'observation démontre déjà que beaucoup de phénomènes vitaux s'arrêtent quand l'abaissement de chaleur est encore loin d'atteindre la température à laquelle se forme la glace. Il est important, d'après M. Sachs, de déterminer, non-seulement les températures extrêmes pour la vie considérée dans son ensemble, mais aussi les limites de chaleur propres à chacun des actes physiologiques envisagés séparément, et de comparer sous ce rapport les diverses espèces entre elles.

Une plante ne peut, en général, parcourir le cercle complet de ses fonctions que si la température ambiante est de quelques degrés plus élevée que la limite inférieure et plus basse que la limite supérieure de la chaleur dont elle a besoin pour vivre. Ces limites varient d'une espèce à l'autre: d'après les observations d'Erenberg, de Lauder-Lindsay, citées par l'auteur, des êtres inférieurs, tant animaux que végétaux, vivent dans les eaux thermales assez chaudes pour coaguler en quelques minutes l'albumine d'un œuf de poule.

M. Sachs nous communique alors le résultat de ses recherches sur quelques actes vitaux isolés : le minimum de température nécessaire à la germination de beaucoup de graines est 5° ou 6° C.; pour d'autres, il faut au contraire jusqu'à 15° C. Le maximum de température à laquelle la germination soit possible paraît ne pas dépasser 45° C. Il faut au *Phaseolus multifidus* une chaleur supérieure à 6° C. et probablement inférieure à 33° C. pour que ses grains de chlorophylle prennent, exposés à la lumière, leur couleur verte normale. Le dégagement d'oxygène du *Potamogeton* ne s'opère, d'après Cloëz, que si l'eau a une

température supérieure à 15° C. Un abaissement prolongé de la température sous 15° C. détruit le mouvement des feuilles de *Mimosa*, et le balancement de celles de l'*Hedysarum gyrans* exige au moins 22° C. La gyration du *Nitella syncarpa* ne s'arrête qu'à 0° C.; dans les poils du *Cucurbita Pepo*, on n'observe le même phénomène qu'à une température supérieure à 10°-11° C.; il cesse en 2 minutes si ces poils plongent dans l'eau à 47°-48° C.; l'air chauffé à 49°-50, 5° C. peut, au contraire, entourer ces poils pendant 10 minutes sans que la circulation s'arrête. L'absorption de l'eau par l'axe souterrain exige un certain degré de chaleur : les racines du tabac planté dans un sol humide à 3°-5° C. n'introduisent pas dans la plante autant d'eau que celle-ci en perd dans le même temps par évaporation ; elles ont besoin, pour bien remplir leur mission, d'une température de 12°-18° C. Le *Brassica Napus* et le *B. oleracea* absorbent, par contre, même à 0° C., une quantité suffisante d'eau.

M. Sachs observe aussi comment un abaissement trop considérable de chaleur devient nuisible pour la plante, au point de rendre impossible l'accomplissement de ses actes vitaux; il faut, en général, pour cela qu'elle descende d'un nombre assez grand de degrés en dessous de la limite inférieure dont il est question plus haut.

Beaucoup de plantes peuvent subir l'action du froid de manière que leurs sucs se congèlent, sans que les organes soient endommagés; si la température devient plus favorable, ces plantes ne tardent pas à reprendre leur croissance. Mais il arrive aussi qu'après le dégel, surtout s'il est rapide, les organes meurent à la suite d'une perturbation profonde survenue dans leur organisation. D'après M. Sachs, il est peu probable, eu égard à l'extensibilité

des membranes cellulaires, que la gelée agisse en gonflant le contenu de la cellule et en déchirant ses parois : elle a plutôt pour effet de provoquer un changement important dans les propriétés physiques et chimiques du protoplasme.

La nature d'un tissu influe sur sa résistance au froid; l'auteur confirme à cet égard l'idée émise par De Candolle dans son *Traité de physiologie végétale*: la faculté de chaque plante et de chaque partie de plante pour résister aux extrêmes de température est en raison inverse de la quantité d'eau qu'elle contient; les graines sèches paraissent inattaquables par le froid, tandis que les graines imbibées d'eau ou déjà partiellement en germination sont mortes même après une gelée peu intense. Les bourgeons, en hiver, résistent aux plus grands froids, mais les gelées tardives du printemps les détruisent très-vite, lorsque la séve commence à les gonfler. Certaines parties sont aussi plus délicates que d'autres; telles sont surtout les jeunes racines, les organes de consistance herbacée et les tiges imparfaitement lignifiées.

L'auteur passe aussi en revue les effets d'une chaleur trop forte : à mesure que la température s'élève, les mouvements intérieurs s'accélèrent jusqu'à ce que l'augmentation des distances entre les molécules provoque une modification dans l'enveloppe cellulaire, le protoplasme, le noyau, etc. Ici, comme pour le froid, on constate que les variations rapides d'une température voisine du maximum sont généralement plus nuisibles qu'une chaleur élevée mais constante, et que les effets d'une chaleur humide sont plus énergiques que les autres; l'expérience démontre qu'il faut 10-30 minutes pour tuer les feuilles et les tiges herbacées dans une atmosphère sèche de 51° C., tandis que

l'eau à 45° ou 46° C. produit le même résultat en moins de 10 minutes; les graines sèches résistent aussi beaucoup mieux à la chaleur que les graines gonflées par l'humidité.

La chaleur et le froid sont nuisibles dans les mêmes conditions, et M. Sachs considère leurs modes d'action comme analogues, pour ne pas dire identiques : l'élévation trop forte de la température, comme le froid, attaque plutôt le contenu de la cellule que sa membrane; elle modifie profondément le protoplasme dans ses caractères physiques et chimiques.

C'est par la voie de l'expérience que M. Sachs a cherché la résistance relative que diverses espèces présentent à la chaleur. Le procédé qu'il a employé consiste simplement à les chauffer au bain d'air ou au bain-marie à des températures constantes. Il confirme aussi un fait établi déjà par Pasteur dans ses admirables recherches sur la *Parthénogénèse*, c'est la résistance étonnante des organismes inférieurs à une température élevée : les spores de quelques Cryptogames (*Penicillium glaucum*, *Ascophora elegans*) germent en effet après avoir été chauffées à 108°, 121° et même à 132° pendant une demi-heure.

Pour compléter l'étude de la chaleur, il ne restait plus qu'à chercher comment la température comprise *entre ces limites extrêmes* agit sur la végétation. M. Sachs laisse encore à l'expérience le soin de résoudre ce problème : il cultive les mêmes plantes à 10°, 15°, 20°, etc., et observe ainsi l'accomplissement des actes vitaux sous l'influence d'une chaleur graduellement élevée. Je me contente de citer ici quelques résultats de ses laborieuses recherches :

La plante verdit d'autant plus facilement que la température est plus élevée. La sensitive n'a que des mouvements lents à 16—18° C.; elle atteint à 30° son maximum de vita-

lité. La gyration du *Nitella syncarpa* est, d'après Nägeli, accélérée par la chaleur : le protoplasme parcourt 1/10 de millimètre en 60 secondes à 1° C., en 24 à 5° C., en 8 à 10° C., en 4 à 18° C. en 2 à 28° C., en 1 à 34° C., en 0,6 à 37° C.; à une température supérieure à 37° C., le mouvement s'arrête rapidement; si elle baisse, le mouvement recommence lentement d'abord, puis en s'accélérant jusqu'à reprendre sa vitesse normale. Des observations analogues ont été faites par Schultze sur les poils de l'*Urtica* et du *Tradescantia*, et par M. Sachs lui-même sur ceux du *Tradescantia*, du *Solanum Lycopersicum* et du *Cucurbita Pepo*. L'expérience nous montre aussi que les variations de température influent sur la rapidité de l'accroissement : en 48 heures, la radicule du *Zea Mais* s'allonge :

à 34° R	de 3,9 millimèt.	à 26,6° R	de 39,0 millimèt.
30,6 »	» 25,2 —	21,0 »	» 24,5 —
27,2 »	» 33,0 —	13,7 »	» 2,3 —

celle du *Triticum vulgare :*

à 30,6° R	de 22,0 millimèt.	à 22,8° R	de 88,3 millimèt.
26,6 »	» 50,0 —	14,1 »	» 3,5 —

Dans le même espace de temps, la tigelle de *Zea Mais* s'accroît :

à 34° R	de 4,6 millimèt.	à 26,6° R	de 11,0 millimèt.
30,6 »	» 9,1 —	21,0 »	» 5,6 —
27,2 »	» 13,0 —	13,7 »	» 4,6 —

et la plumule de *Triticum vulgare :*

à 30,6° R	de 4,5 millimèt.	à 22,8° R	de 9,0 millimèt.
27,2 »	» 10,5 —	14,0 »	» 2,0 —
26,6 »	» 5,0 —		

Ces chiffres nous indiquent clairement que la vitesse d'accroissement n'est pas proportionnelle à l'élévation de la température.

III. — *L'électricité.*

La plante est exposée aux changements qui surviennent dans l'état électrique du sol et de l'air: sa forme, sa position, la nature du contenu de ses cellules nous permettent de croire qu'elle sert de conducteur à l'électricité naturelle, mais nous ignorons si le passage de cette dernière a une influence sur les actes physiologiques, l'assimilation, la circulation des matériaux nutritifs, etc.

L'application de l'électricité artificielle a fourni, par contre, quelques observations curieuses: pour que son effet soit sensible, il faut que son intensité dépasse un minimum encore indéterminé; si son influence est insuffisamment énergique, elle a pour résultat d'arrêter les phénomènes vitaux, qui peuvent recommencer néanmoins, quand les circonstances deviennent plus favorables; enfin, l'électricité dont l'intensité est trop forte tue complétement l'activité des organes.

Les expériences entreprises par les auteurs, pour étudier l'action qu'une électricité de force moyenne exerce sur les actes de la vie, ont donné des résultats en apparence contradictoires: Jürgensen et Schultze avancent que les courants électriques et leurs variations d'intensité ralentissent la gyration; Brücke et Kühne constatent qu'ils ont pour effet de modifier les directions du protoplasme; Kabsch affirme, au contraire, que l'électricité favorise les phénomènes vitaux: les folioles latérales de l'*Hedysarum gyrans* immobiles si la température ne dépasse pas 22° C., oscillent sous l'influence d'une faible induction électrique.

Mais M. Sachs fait observer, avec raison, que ce dernier fait n'infirme en rien l'opinion de Schultze : le passage de l'électricité à travers les tissus pourrait fort bien, dans l'expérience de Kabsch, élever de quelques degrés la température interne ; le balancement des folioles serait donc en réalité un effet de la chaleur.

Il importe de remarquer que l'électricité a souvent, tant sur le protoplasme que sur les organes doués de motilité comme les feuilles de *Mimosa*, les étamines de *Berberis*, de *Mahonia*, etc., une influence en tout semblable à celle d'un choc ou d'une agitation mécanique.

M. Sachs expose d'abord les effets des forces électromotrices sur le protoplasme : il cite les travaux de Becquerel, qui observa l'interruption momentanée de la gyration dans les cellules du *Chara*, traversées par un courant électrique, et qui parvint, à l'aide d'une source plus intense, à arrêter le mouvement pendant des heures entières. Théodore Jürgensen, de son côté, étudia l'influence d'un courant d'induction constant sur le mouvement gyratoire du *Vallisneria spiralis*, et constata que le liquide cellulaire est meilleur conducteur de l'électricité que l'eau distillée. En se servant comme source électrique de petites piles de Grove, et en n'augmentant pas l'intensité du courant jusqu'à tuer les organes, Jürgensen arriva à des conclusions nombreuses, que M. Sachs reproduit dans leur ensemble et dont je me contente de citer les principales :

Le courant provenant d'un élément de Grove n'influe pas sur la cellule d'une manière sensible ; le courant de deux à quatre éléments produit un ralentissement du mouvement gyratoire, et l'arrête si l'action se prolonge ;

Lorsque l'on interrompt le courant, le mouvement reprend son état normal s'il n'était que ralenti et non sus-

pendu; après un arrêt complet, le mouvement ne recommence plus;

Quand le mouvement cesse, la chlorophylle s'amasse dans divers endroits de la cellule et les quelques granules qui nagent encore isolément dans le liquide cellulaire ne tardent guère à se réunir aux autres;

Le courant produit par vingt-quatre éléments agit comme celui de faible intensité, pourvu que son action soit de courte durée;

Si l'on élève la force de la batterie à trente éléments, il suffit de fermer un instant le courant pour que immédiatement le mouvement cesse;

La direction du courant n'influe pas sur ses effets.

A l'aide de l'appareil à induction de Dubois-Reymond, Jürgensen a trouvé que les effets des courants induits, quoique plus faibles, sont les mêmes que ceux du courant inducteur.

Les travaux plus récents de Heidenhain, Brücke, Max Schultze, Kühne ont eu surtout pour but de constater les changements subis par le protoplasme, sous l'influence de l'électricité. D'après Heidenhain, un courant faible n'influe pas sur la gyration des poils staminaux du *Tradescantia*, mais un courant plus énergique fait cesser en peu d'instants le mouvement et modifie profondément l'aspect du protoplasme.

Brücke étudia spécialement l'action immédiate du courant électrique, en ne fermant celui-ci que pendant quelques instants : l'effet produit dans ce cas est de multiplier le nombre des directions dans lesquelles la gyration s'effectue; soustrait à l'influence d'une électricité qui n'a pas agi trop intensément, le protoplasme reprend son aspect primitif.

Schultze observa que ces mêmes phénomènes ne se produisent que par l'effet d'une tension électrique voisine de celle qui occasionne la mort du contenu cellulaire. Kühne, dans un Mémoire qui parut seulement en 1864, sous le titre de *Untersuchungen über das Protoplasma* confirma les observations qui précèdent et constata que, aussi longtemps que l'électricité n'a pas eu pour résultat de cailler complétement le protoplasme, le mouvement peut recommencer, mais après un temps parfois assez long qui peut même dépasser vingt-quatre heures. Les recherches de Kühne portaient spécialement sur les poils du *Tradescantia* et sur ces espèces si intéressantes du groupe des Myxomycetes.

Si l'électricité agit sur le contenu cellulaire et sur sa circulation, elle a aussi une influence incontestable sur la motilité des organes complexes. Schacht et Pflüger ont repris les expériences de Cohn et confirmé que le courant d'induction d'intensité moyenne rapproche deux à deux les folioles opposées du *Mimosa pudica*, à mesure qu'il parcourt le rachis commun. D'après plusieurs auteurs, les fortes décharges électriques anéantissent les mouvements des feuilles du *Mimosa*, des étamines du *Berberis*, etc. Cohn, se servant des mêmes moyens que Jürgensen employa pour observer le protoplasme, fit passer sur le porte-objet du microscope un courant d'induction à travers les anthères du *Centaurea scabiosa* : au moment où l'électricité les traverse, les filets se raccourcissent, plus tard ils reprennent leur longueur primitive; de faibles courants produisent déjà ce résultat; des courants énergiques provoquent au contraire la mort des étamines : elles se contractent rapidement et ne sont plus, dès lors, susceptibles d'allongement.

A l'aide d'un appareil de Ruhmkorff, alimenté par une pile de Grove, Kabsch observa l'influence de l'électricité sur le gynostemium mobile du *Stylidium graminifolium* : le courant faible détermine un mouvement en tout semblable à l'inflexion naturelle; le courant plus intense produit une espèce de paralysie à laquelle succède, après une demi-heure, un nouvel état de sensibilité et de motilité; pour faire cesser complétement le mouvement, il faut l'intervention d'un courant énergique. Les étamines du *Berberis* et du *Mahonia* sont moins sensibles, car ce même courant énergique ne fait qu'exciter leur mouvement.

On ne connaît que quelques faits isolés concernant l'électrolyse des substances organiques : ces faits se réduisent à des changements que subissent les matières colorantes liquides contenues dans les cellules de la corolle, des bractées et des feuilles, et que Kabsch attribue à l'action de l'ozone développé par l'électricité.

M. Sachs passe ensuite à l'examen des causes qui déterminent l'état électrique interne des plantes. La cellule considérée isolément se compose d'une enveloppe, d'un protoplasme et d'un liquide cellulaire chimiquement et physiquement hétérogènes. Dans les tissus on rencontre, outre les matières solides, des substances diverses à l'état de dissolution, séparées par des membranes perméables et se trouvant par suite dans les mêmes conditions que les liquides qu'une cloison poreuse sépare à l'intérieur des piles galvaniques. Parmi les sucs de la plante, les uns ont des propriétés basiques et les autres possèdent des réactions acides. Les racines d'un arbre puisent en mille points différents du sol les solutions qui doivent se concentrer dans les feuilles. Par suite de ce dernier phénomène d'évaporation, le tissu des feuilles se charge d'élec-

tricité négative, tandis que la vapeur dégagée est électrisée positivement. La même production d'électricité a lieu dans le dégagement d'oxygène par les parties vertes; tandis que l'émanation d'acide carbonique aux dépens des parties colorées donne à ces dernières l'électricité positive.

La théorie, d'accord avec l'observation, nous indique, dit l'auteur, qu'il y a dans la plante des sources nombreuses d'électricité et que, par suite de la nature conductrice des fluides qui remplissent les tissus, cette électricité, au lieu de s'accumuler, doit se transformer parfois en courants.

Plusieurs savants ont cru la plante douée d'un état électrique analogue à celui de l'animal, supposition dont on saisit de suite le peu de vraisemblance, si l'on se souvient que, d'après les expériences de Dubois, l'électricité animale appartient aux systèmes nerveux et musculaire, et que ces systèmes font complétement défaut chez la plante. Les directions des courants à l'intérieur du végétal ne correspondent jamais à la marche régulière et constante de l'électricité dans les muscles ou les nerfs de l'animal. L'observation a fait connaître seulement qu'il y a chez la plante, sous le rapport électrique, antagonisme entre les tissus intérieurs et l'épiderme qui les recouvre.

M. Sachs passe alors en revue les observations de Pouillet, Riess, Wartmann, Becquerel et Buff sur l'état électrique interne du végétal. Je ne puis entrer ici dans le détail de leurs expériences, dont les plus exactes ont été faites au moyen du galvanomètre ou multiplicateur; je me bornerai à citer quelques-uns des résultats qu'elles ont fournis :

Quand une plante complète, n'importe de quelle espèce, est mise en communication avec le galvanomètre, par ses racines, d'une part, et ses feuilles, de l'autre, l'aiguille est

déviée constamment dans le même sens, quoique d'une quantité variable de degrés : le courant circule de la racine vers les feuilles; la grandeur de la déviation dépend de la longueur et du diamètre des axes, ainsi que de la quantité des liquides qu'ils renferment.

Si au lieu de prendre une plante complète, on prend un rameau détaché, le sens du courant reste le même : il circule toujours de la coupe vers la surface des feuilles.

Si l'on met en communication avec le multiplicateur deux feuilles entières d'une même plante, on n'observe aucune déviation de l'aiguille; mais si l'une des feuilles présente une déchirure ou une blessure quelconque, le courant s'établit de celle-ci vers la feuille intacte. Un courant identique se montre entre deux parties, l'une déchirée et l'autre intacte d'une même feuille. Des phénomènes analogues se produisent pour les fleurs et les fruits.

L'écorce verte, le cambium et le bois, parties internes des axes, sont négatifs par rapport à la surface de ceux-ci. Les parties profondes du stipe et du chapeau des champignons le sont aussi comparativement à leur partie superficielle.

Buff conclut de ces expériences, et de beaucoup d'autres encore, que, normalement, il n'y a pas de circulation d'électricité à l'intérieur de la plante : il n'admet qu'une accumulation de fluide positif à la surface des organes foliacés verts, tandis que les liquides intérieurs sont chargés de fluide négatif; ce qui produit cette différence dans l'état électrique, c'est, d'après Buff, la dissemblance de composition chimique entre les sucs divers de la plante et l'eau qui humecte sa surface.

Pour terminer ce qui est relatif à l'électricité, M. Sachs

rapporte les observations que firent Pouillet et Becquerel en faisant germer des graines d'espèces végétales différentes dans des vases isolants. Les premiers jours, ces graines se gonflèrent d'humidité mais ne donnèrent lieu à aucun phénomène électrique; mais aussitôt que la tigelle fut sortie de terre, l'électroscope à feuilles d'or fit constater la présence d'un excès de fluide négatif accumulé dans les vases-isolants. Ce résultat n'a rien de surprenant: la germination est une véritable combustion, et nous savons que les combinaisons chimiques sont des sources fréquentes d'électricité.

IV. — *La pesanteur.*

Chaque particule de la matière doit, pour se mouvoir à l'intérieur de la plante, vaincre une résistance que lui oppose l'attraction de la terre. Les substances destinées à la nutrition sont puisées dans le sol par les racines et s'élèvent jusqu'au faîte des arbres: il faut pour cela qu'elles soient conduites par des forces assez énergiques pour détruire l'action de la pesanteur. Une structure particulière permet à certaines plantes de donner plus facilement à leurs organes la position qui est nécessaire à l'accomplissement des actes physiologiques: c'est ainsi que des lacunes remplies de fluides gazeux diminuent fréquemment le poids spécifique des plantes aquatiques; les utriculaires portent dans le même but des vésicules gorgées d'air; les algues confervoïdes se soutiennent à la surface de l'eau grâce aux bulles d'oxygène qu'elles dégagent et qui restent adhérer à leurs filaments; la tige du lierre, trop faible et trop flexible, se briserait sous le poids des feuilles, si l'héliotropisme négatif ne la rapprochait d'un soutien

auquel elle s'attache par ses racines adventives; enfin une foule de plantes trop fragiles portent des vrilles ou possèdent des tiges volubiles et grimpantes. Ces exemples nous prouvent, dit l'auteur, que lorsque les axes n'ont pas assez de force pour placer les organes, malgré l'attraction de la terre, dans une position favorable à l'accomplissement de leurs fonctions, la nature y supplée par des dispositions spéciales.

Dodart et Bonnet observèrent déjà que les divers organes de la plante prennent par leur accroissement une direction qui fait avec l'horizon un angle plus ou moins grand; mais le dernier de ces auteurs croyait ce phénomène exclusivement produit par l'action de la lumière. La direction que prennent les deux pôles de l'embryon pendant la germination fut étudiée par Du Hamel et De la Hire, ensuite par Knight qui fit, à cet égard, au moyen de roues en mouvement, les curieuses expériences que chacun connaît; enfin Dutrochet, se basant sur des observations anatomiques incomplètes et souvent même inexactes, appliqua ici la théorie de l'incurvation par endosmose, théorie qui, comme M. Sachs le fait très-bien remarquer, n'explique en aucune manière le phénomène. Ce n'est aussi que dans un sens figuré qu'on peut dire avec De Candolle : « Les racines tendent à descendre et les tiges à monter. » Cette règle, qui est loin d'être absolue, ne s'applique pas d'ailleurs aux branches, aux feuilles, aux fleurs et aux fruits qui prennent cependant des dispositions déterminées par rapport à l'horizon.

Hofmeister, en 1860, combattit le premier l'idée généralement admise du prétendu antagonisme entre la tige et la racine. Il fit voir qu'il faut au contraire établir une distinction entre les tissus non élastiques et les tissus

élastiques ou susceptibles d'une certaine tension. Ces tissus peuvent se rencontrer ensemble dans la racine comme dans la tige; c'est la prédominance de l'un ou de l'autre qui décide quelle influence la pesanteur exerce sur la direction d'un organe.

Dans les parties du végétal qui s'accroissent en longueur, il peut y avoir, à certains endroits, des cellules réunies d'une manière passive, sans que leur ensemble constitue un tissu élastique : leur enveloppe cellulaire, très-mince à son premier degré de développement, permet de les assimiler idéalement à une matière pâteuse, et, dans cet état, la pesanteur doit avoir pour effet de les attirer vers le centre de la terre, à peu près comme elle incline l'extrémité d'un bâton de cire à cacheter ramollie par le feu. Dans cet état se trouvent la plupart des racines d'embryon dans lesquelles la couche passive est placée près de l'extrémité; c'est à cet endroit que se fléchit la racine si elle n'occupe pas pendant la germination une direction centripète. L'axe recourbé de l'inflorescence du *Borrago* et les pédoncules de la plupart des fleurs pendantes sont dans le même cas. Il est possible aussi que les ovules deviennent anatropes au campylotropes par des causes analogues.

Le fait que des organes unicellulaires comme les filaments radicaux des *Nitella,* ceux des prothalium de fougères et des *Marchantia,* etc., prennent la même direction que les vraies racines, ne prouve pas que l'hypothèse de Hofmeister soit inexacte : c'est dans ce cas la paroi cellulaire qui manque de résistance en certains points et obéit à l'action de la pesanteur.

Quand un tissu privé d'élasticité, par exemple une extrémité de jeune racine, est soumis à la fois à la pesanteur

et à une force agissant horizontalement, il prend, ainsi que le démontre l'expérience de Knight, la direction indiquée par la résistance des deux forces. Mais pour toutes ces observations, il faut recourir à des organes très-jeunes; les tissus perdent rapidement ces propriétés passives pour devenir élastiques à leur tour.

Si un organe plus avancé en âge occupe une position oblique ou horizontale, il se courbe et sa concavité est dirigée vers le haut ; ce qui provient, d'après Hofmeister, de ce que la partie inférieure s'allonge plus que la supérieure; l'organe tend à revenir à sa position verticale. Les parties inclinées sont donc d'une part relevées et de l'autre attirées vers la terre. Ces deux actions en se combinant donnent aux divers organes de la plante les directions les plus variables.

Chez les parties aériennes, c'est l'accroissement centrifuge qui domine; les organes souterrains au contraire suivent le plus souvent la direction centripète ; cette différence provient surtout, dit M. Sachs, de ce que la lumière augmente l'élasticité des organes, tandis que l'obscurité favorise le développement des tissus passifs ou non élastiques. La régularité plus ou moins grande de l'accroissement dépend des conditions au milieu desquelles il s'effectue : dans un sol consistant, les racines peuvent bien par l'action de la pesanteur descendre, comme le ferait une matière pâteuse, dans les petites fissures qu'elles rencontrent, mais il est évident néanmoins que la terre doit opposer à leur marche régulière une résistance mécanique.

Les tissus mous et les tissus élastiques du pétiole, du mésophylle et des nervures des feuilles paraissent être distribués en proportions variables sur les deux faces de celles-ci, mais toujours de manière à ce que la pesanteur

ait pour effet de diriger la surface supérieure vers le zénith. Dans les organes allongés, il n'est pas rare de voir des régions de structure spéciale conserver la propriété de se fléchir, tandis que les autres parties sont déjà lignifiées et élastiques : c'est ainsi que se présentent les pétioles à articulation mobile des Papilionacées; c'est aussi presque exclusivement aux nœuds que les chaumes des Graminées fléchissent sous l'effort du vent.

M. Sachs, tout en étant convaincu que la force qui dirige les radicules vers la terre n'est autre chose que la pesanteur, nous montre la difficulté que l'on rencontre pour prouver rigoureusement ce fait; il faudrait à cet effet établir, d'une manière certaine, qu'elles prennent la même direction et avec la même intensité, ce que les expériences de Knight rendent vraisemblable, mais sans le démontrer d'une manière absolue. Si le mode d'action de la pesanteur sur les tissus passifs ou non élastiques est facile à comprendre, surtout au moyen de l'exemple du bâton de cire à cacheter, on ne voit pas aussi aisément comment cette force peut avoir pour effet de relever un organe placé obliquement ou horizontalement. Hofmeister, ainsi qu'il est dit plus haut, admet un allongement plus grand pour la partie inférieure que pour la partie supérieure, mais à quoi cette différence doit-elle être attribuée?

Le côté inférieur s'étend davantage, d'abord parce qu'il est plus nourri et ensuite parce qu'une plus grande quantité d'eau s'interpose entre ses molécules. M. Sachs établit, à cet égard, une comparaison très-ingénieuse entre un organe allongé de structure complexe et une cellule de *Nitella* ou de *Vaucheria* horizontalement placée : dans ce dernier cas, c'est la partie inférieure de la paroi qui contient la plus grande quantité d'eau, à cause de la pression

qu'exerce sur elle le contenu de la cellule, et il ne saurait en être différemment dans un organe compliqué.

L'auteur reproduit alors les observations de Du Hamel qui, en faisant germer des graines dans l'obscurité, constate que leur radicule se dirige néanmoins vers la terre; les travaux de Dutrochet, de Pinot et de Payer sur la profondeur à laquelle la racine peut s'enfoncer dans des liquides de forte densité et spécialement dans le mercure; les recherches anatomiques de Hofmeister sur l'étendue de cette partie de la radicule qui obéit passivement à l'attraction terrestre, et enfin des expériences entreprises par ce dernier pour établir jusqu'à quel point les axes aériens inclinés se recourbent et se redressent.

M. Sachs a cherché à déterminer aussi, par la voie de l'expérience, comment les axes se dirigent sous l'action simultanée de la pesanteur et d'une force centrifuge. Ces conditions sont réalisées, quand on fixe des graines germantes sur un disque circulaire en verre mobile autour d'un axe qui passe par son centre.

On peut d'abord faire tourner ce disque dans un plan vertical; les jeunes plantes sont placées par leur milieu sur le bord du disque et perpendiculairement au plan de celui-ci. Dans ce cas, si le mouvement s'effectue lentement et est interrompu pendant longtemps après chaque rotation de 45°, par exemple, les deux axes se contournent sous forme de spirales homodromes; si le mouvement est interrompu, mais pendant un temps très-court, on ne remarque au contraire aucun changement dans la forme des axes; enfin, si le mouvement est très-rapide et continu, la force centrifuge développée est énergique et masque l'action de la pesanteur : la radicule se met dans le plan de rotation et s'accroît en s'éloignant du centre du

disque. Ces mouvements de l'appareil sont produits à la main: on modifie leur vitesse en adaptant à la périphérie du disque des corps de poids différents.

On peut aussi placer verticalement l'axe de l'appareil : le disque tourne alors dans un plan horizontal; la force centrifuge et la pesanteur agissent suivant deux directions qui se coupent à angle droit. Plus la vitesse de rotation est grande, plus la radicule, obéissant à la force centrifuge, s'écarte de la direction verticale et tend à se placer horizontalement; l'axe aérien se rapproche du centre du disque. Cependant l'influence de la pesanteur, quoique relativement faible, n'est pas entièrement éliminée : les axes ne parviennent jamais à se mettre rigoureusement dans le plan de rotation.

Dutrochet, qui s'était déjà livré à des recherches analogues, avait trouvé que si la roue a un diamètre de trente-huit centimètres, il suffit d'une vitesse de cent-vingt tours par minute pour que les axes se rapprochent autant que possible de la position horizontale. Il avait employé un système d'horlogerie pour mettre l'appareil en rotation. M. Sachs recommande un procédé beaucoup plus simple : il se sert, pour provoquer la rotation, d'un moulinet fixé à l'axe lui-même et mis en mouvement par le courant d'air chaud qui s'élève d'une lampe ou d'un calorifère.

En terminant cette étude de la pesanteur, l'auteur nous fait entrevoir qu'elle pourrait aussi avoir une influence sur la nature des organes eux-mêmes, sur les caractères de leurs cellules. Des observations assez nombreuses ne sont pas encore venues confirmer cette simple supposition. Un fait qui, d'après lui, n'y est peut-être pas étranger, c'est que, lorsque l'on fait à une tige une incision annulaire, le bourrelet supérieur développe de préférence des ra-

cines adventives, et le bord inférieur de la blessure des bourgeons aériens. En posant horizontalement des branches de saule à un pouce ou deux sous terre, Du Hamel a remarqué également que les racines adventives naissent de préférence à la surface inférieure et la plupart des rameaux à la face supérieure. Le même savant a fait une seconde expérience : il a retourné de haut en bas des pommiers plantés dans des cuves : leur couronne s'est détruite, et sur la partie des racines sortant de terre se sont développées des branches. Ce dernier point me paraît douteux : je ne sais si une vraie racine peut porter d'autres bourgeons que des rhizogènes ; je crois plutôt que les branches dont on a constaté la formation sont sorties du collet. Ceci toutefois n'influe en rien sur les conclusions de Du Hamel, reproduites par M. Sachs à la fin du chapitre : « Ces expériences font connaître qu'il n'est point du tout » dans l'ordre naturel que les racines soient au-dessus des » branches ; il paraît que la séve qui doit développer les » racines a une disposition pour descendre, tandis que » celle qui développe les branches en a une pour monter. »

D[r] JEAN-JACQUES KICKX.

(*A continuer.*)

—

Herbarium of the British Roses, by J. G. Baker. — PART I.

Cette collection de Roses en nature, à laquelle nous avons fait allusion précédemment en analysant la Monographie des Roses anglaises par le même auteur (1), a

(1) Voir t. III, p. 453 (1864).